动 物 学 研 究 2004, Aug. 25 (4): 311-315 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

若尔盖青海沙蜥——洞穴密度与深度的生态内涵

吴鹏飞[1,2], 王跃招[3], 朱 波[1], 曾宗永[2,*]
(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610064;
3. 中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 2002年9月、采用样方法和挖掘法分别对分布在若尔盖草原荒漠(东经102°29′04.1″、北纬33°43′25.0″, 海拔3464 m)上的青海沙蜥(*Phrynocephalus vlangalii*)的洞穴密度及深度进行了研究。结果表明: ①青海沙蜥的洞穴密度随植被盖度的升高而下降($r=-0.81$, $P<0.01$), 这说明青海沙蜥的生境选择是偏向于植被盖度较低的荒漠, 因此可以把该物种作为草地荒漠化的一种指示生物。②青海沙蜥居住洞穴深度大于74 cm, 在冻土层之下。青海沙蜥选择深度达到最大冻土之下的洞穴居住是它抵御低温的一种行为机制, 而深度小于74 cm的洞穴则可能是用于逃避敌害的临时隐蔽所。

关键词: 青海沙蜥; 洞穴密度; 洞穴深度; 最大冻土深; 生境选择
中图分类号: Q959.6; Q959.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853(2004)04-0311-05

Phrynocephalus vlangalii at Zoigê, Sichuan: Burrow Density and Depth and Their Implications

WU Peng-fei[1,2], WANG Yue-zhao[3], ZHU Bo[1], ZENG Zong-yong[2,*]
(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, the Chinese Academic of Sciences, Chengdu* 610041, *China*;
2. *Life Science College of Sichuan University, Chengdu* 610064, *China*;
3. *Chengdu Institute of Biology, the Chinese Academic of Sciences, Chengdu* 610041, *China*)

Abstract: We measured the density of the burrows of *Phrynocephalus vlangalii* at the Zoigê Wetland at elevation about, NW Sichuan, by the quadrate method, and the depth by digging and using a blanch of alpine willows in September 2002. The density of *P. vlangalii* burrows declined with the plant coverage ($r=-0.81$, $P<0.01$), *P. vlangalii* shows preference to the desert with low plant coverage and could be used as one of indicator species for desertification of grassland. The depth of dwelling burrows was ≥74 cm, which is beyond the layer of frozen earth, living in these burrows is a behavioral mechanism of *P. vlangalii* to protect themselves from extreme low temperature, and the burrows with depth <74 cm may be used only for avoiding predation during foraging.

Key words: *Phrynocephalus vlangalii*; Burrow density; Burrow depth; Maximum frozen earth depth; Habitat use

动物的生境选择受到与动物生存和繁殖有关的环境因素影响(Brown & Lieberman, 1973; Wei et al, 1996; Werner et al, 1983)。沙蜥(*Phrynocephalus* spp.)种群密度与植被盖度呈负相关(Liu et al, 1993), 或正相关(Liu & Li, 1999)。关于青海沙蜥(*P. vlangalii*)的生境选择研究还仅限于对分布区域的植物种类组成、海拔等环境因子的定性叙述(Bao et al, 1998; Ma et al, 1999); 而青海沙蜥种群密度与植被盖度的关系仍不明确。另外, 沙蜥是一种穴居的爬行动物, 一年中有6个月的冬眠期是在洞穴中度过的(Liu et al, 1996), 因此洞穴对沙蜥来说是一种极重要的资源; 然而沙蜥洞穴却极少被研究, 仅见Song & Zhao (1983) 对草原沙蜥(*P. frontalis*)和密点麻蜥(*Eremias multiocel-*

收稿日期: 2004-01-12; 接受日期: 2004-04-21
基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KSCX2-1-06A); 国家教育部湿地研究专项基金资助项目
* 通讯作者(Corresponding author), E-mail: zengzy@scu.edu.cn
作者简介: 吴鹏飞(1975-), 男, 博士研究生, 主要从事生态学研究。E-mail: wupengfei2000@163.com

lata）的洞穴结构做过简单描述。本文探讨青海沙蜥的种群密度与植被盖度的关系，以及洞穴深度的分布规律，以揭示其可能的生态内涵。

1 研究地点与研究方法

1.1 研究地点

研究地点位于川西北若尔盖县辖曼乡“丁”字路口东 1 km 处的治沙试验区内。样地的中心位置是东经 102°29′04.1″，北纬 33°43′25.0″，海拔 3 464 m。样地内的植物主要是莎草科的矮生嵩草（*Kobresia humilis*）、短轴嵩草（*K. prattii*），禾本科的垂穗披碱草（*Elymus natans*）。另外，在样地的北部有大面积人工种植的高山柳（*Salix cupularis*）。样地内的土壤为疏松的沙土。这里年平均气温在 0.7 ℃，年平均降水量为 656.8 mm。冬季（11 月—次年 4 月）寒冷、干燥，日照多而强，冻土出现在11月中旬至次年4月下旬，最冷月平均气温 - 10 ℃，最大冻深 74 cm。夏季（5 月—10 月）降水较多，蒸发量大。近年来由于气候干旱以及过度放牧使得部分草地严重退化，部分地方已经沙漠化。

1.2 研究方法

在 2002 年 9 月下旬我们对分布在川西北若尔盖草原荒漠中的青海沙蜥的生境选择情况进行了野外调查。因为沙蜥是一种穴居爬行动物，在一年之中有近 6 个月的冬眠期是在洞穴中度过的（Liu et al，1996），所以可以通过洞穴的密度来研究其种群密度。在研究地点，沙化的荒漠与周围草地之间有一个呈东西走向的过渡带，其上的植被盖度由草地向荒漠逐渐减小。在过渡带上沿着与荒漠边缘平行的方向选 3 个平行且相邻的样带，每条带宽 6 m。从每条样带的一端开始，用绳子连续向前量取 10 个 5 m × 5 m 的正方形样方。在 3 条样带上共调查 5 m × 5 m 的样方 30 个。首先采用封堵洞穴的方法对样方内的沙蜥洞穴数进行统计，这样一方面可以避免对有些洞穴重复统计造成的密度偏大；另一方面可以避免人对植被盖度进行测量时无意间把沙蜥的洞穴封堵造成的密度偏小。然后借助对角线对样方内的植被盖度进行目测估算。估算的方法是由 2 人同时对样方内的植被盖度进行目测估计，然后计算平均值，这样可以以减小目测盖度的误差（Zhang et al，2001）。

洞穴深度用 3 根具特定长度、粗细不等的高山柳（*S. cupularis*）的枝条来测量。柳条采自样地周围的治沙实验区，所选用的柳条具有很强的弹性，粗细较为均匀且笔直，削光其上的小枝。根据沙蜥洞口大小选用相应的柳条进行测量。把柳条从细端轻轻地探进洞穴内，当遇到阻力时，把柳条轻轻转动一下再往洞穴内探，以确定是否达到洞穴的底部，因为有时候杂草的须根会挂住柳条。当感到柳条有往外的弹力时，表明柳条达到洞穴的底部。这时就可以根据露在洞穴外面的柳条长度计算出洞穴的深度。对所选样地内的所有沙蜥洞穴逐个测量，同时对一些洞穴进行挖掘以观察其结构和沙蜥的居住情况。挖掘过程中不抽出柳条以免迷失洞穴。挖掘的时间选择在早晨沙蜥出洞之前，这样可以确保沙蜥都在洞穴中。我们共测量了 146 个沙蜥洞穴的深度，挖掘了其中的 53 个洞穴。最后对调查的数据进行相应的统计分析。用高山柳枝条测量沙蜥洞穴深度的方法是我们根据当地实际情况而设计的。若尔盖草原的荒漠是由草原退化形成的，表层疏松，下层较致密。如果没有沙蜥洞穴，是不可能把高山柳枝条插进几十甚至一百多厘米深的沙土中，并且在我们挖掘洞穴的过程中也从未发现柳条偏离洞穴的情况。因此，用高山柳枝条测量沙蜥洞穴深度是切实可行的。

2 结 果

2.1 洞穴密度

植被盖度平均值与青海沙蜥洞穴数之间的关系见图 1，两者之间有极显著的负相关性（$r = -0.807$，$n = 30$，$P < 0.01$）。

2.2 洞穴深度

洞穴深度范围在 18 ~ 148 cm，呈正态分布的概率 < 0.01（图 2）。在挖掘过程中没有发现青海沙蜥有群居的现象，而且在深度大于 74 cm 的洞穴里才有沙蜥居住（表 1）。如果以 74 cm 为临界深度，可把青海沙蜥的洞穴分为居住洞穴和非居住洞穴两类。这样在我们所测量的洞穴中，非居住洞穴有 56 个，占总洞穴数的 38.4%，平均深度 44.0 ± 18.5 cm；而居住洞穴有 90 个，占总洞穴数的 61.6%，平均深度为 103.5 ± 17.7 cm。

2.3 洞穴结构

根据我们挖掘过的沙蜥洞穴情况来看，从洞穴口往内一般有 20 ~ 30 cm 长的一段穴道与地平面成 30°左右的夹角，其后穴道逐渐向下倾斜，最后与地平面呈70°左右的夹角。整个穴道的横截面呈椭

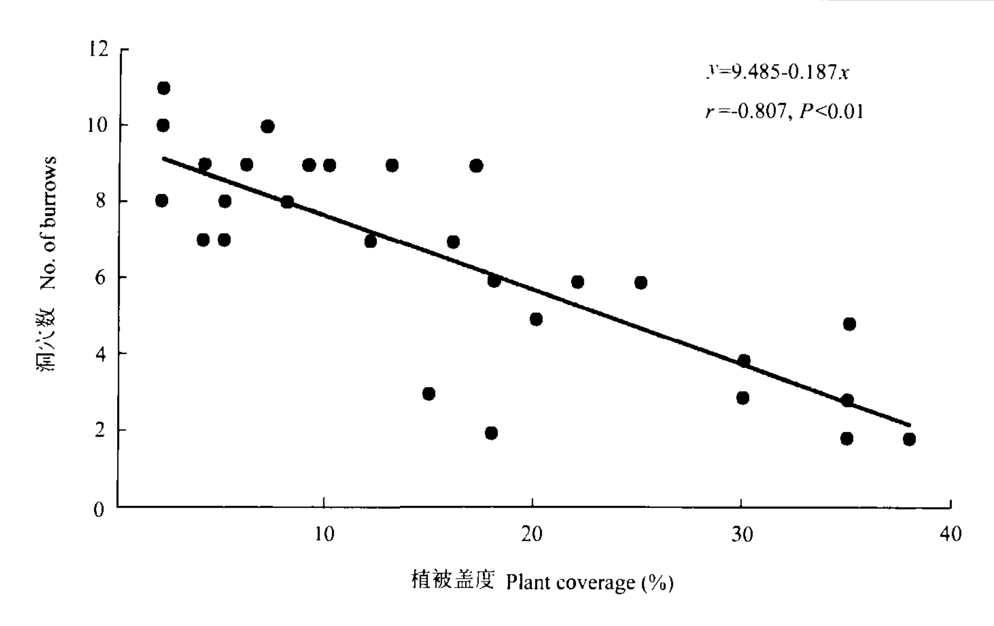


图 1　植被盖度和青海沙蜥洞口数的关系

Fig.1　Relationship between the vegetation coverage and number of *Phrynocephalus vlangalii* burrows

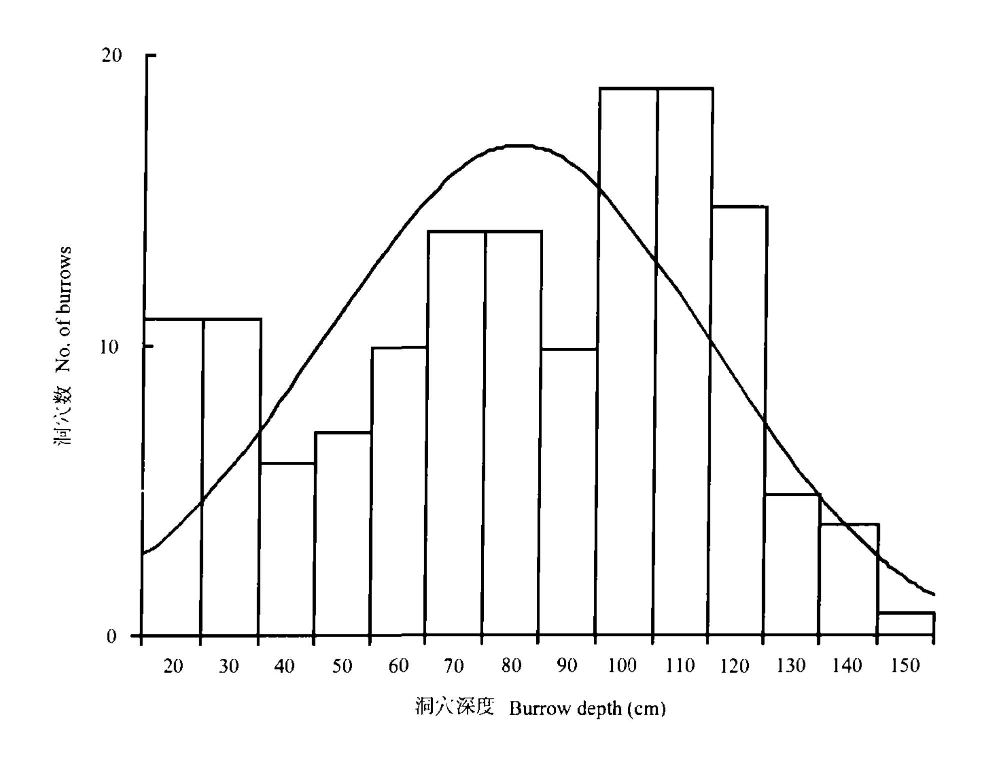


图 2　青海沙蜥洞穴深度的频次分布

Fig.2　Frequency distribution of burrow depths of *Phrynocephalus vlangalii*

圆形，纵切面呈弧形，底部空间比穴道稍宽，洞口大多呈椭圆或半圆形（图 3)。有些洞口分布在开阔处，有些则隐藏在草根、石块下。土壤为沙土，较湿润。

3 讨　论

3.1　植被盖度对洞穴密度的影响

青海沙蜥的种群密度与植被盖度间呈负相关性，这一点和荒漠沙蜥（*P. przewalskii*）是相同的(Liu & Li，1999)。青海沙蜥之所以选择植被稀疏的荒漠生境，可能有以下几种原因：首先，植被盖度过高会影响地面温度的升高，不利于青海沙蜥吸收热量来增加体温。因为在一定的范围内沙蜥体温的增加有利于提高腓肠肌中 ATP 酶的活性（Li & Liu，1994)，这样就可以为沙蜥的活动提供较多的能量。其次，由于沙蜥在外部形态上是头宽圆而大，

表1 青海沙蜥居住洞穴深度

Table 1 Depth of dwelling burrows of *Phrynocephalus vlangalii*

	洞穴深度 Depth（cm）	
	18～73	74～100[1]
挖掘的洞穴数 No. of dug burrows[2]	34	19
沙蜥数 No. of *P. vlangalii individuals*[3]	0	17
频率 Frequency	0.00	0.89

[1] 由于没有合适的挖洞工具，我们只能挖掘洞穴深度在100 cm以下的洞穴；[2] 一洞一出口；[3] 一洞一蜥。

[1] The depths of burrows dug are within 100 cm by using unsuitable tools; [2] Each burrows with one exit; [3] Each borrows dwelling one individual.

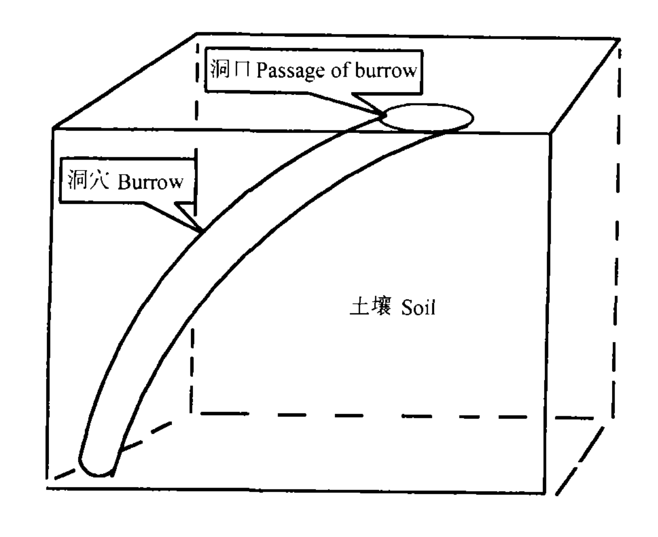


图3 青海沙蜥洞穴的剖面示意图

Fig.3 Cutaway view of *Phrynocephalus vlangalii* burrows

腿细长，尾较细，趾（指）纤细，具栉缘，所以不适于在植被盖度高、植株稠密的地方生活（Liu et al，1993）。

从上面的分析可知青海沙蜥偏向选择在植被稀疏的荒漠中生活，联系到在若尔盖草地沙化之前没有发现青海沙蜥（Wang & Jiang，1992），因此可以推测青海沙蜥是在若尔盖草原沙化之后才迁入的。由此可以得出青海沙蜥在若尔盖的出现是草原沙化的结果，并且其种群密度的大小可以反映出草地植被盖度的高低以及沙化的严重程度。因此青海沙蜥具有作为指示生物（indicator species）的条件（Li & Li，2001；Zhao & Lei，2002），可以用来作为监测若尔盖草原沙化动态的监测物种。

除了植被盖度对青海沙蜥种群密度会有影响外，潜在的可利用食物资源以及土壤的含水量等环境因子对其密度也有影响（Liu et al，1993）。在我们的调查研究中，没有发现其他任何种类的沙蜥同青海沙蜥共栖，所以其种群密度不存在种间竞争的影响。

3.2 最大冻土深对洞穴深度的影响

为什么青海沙蜥只居住在深度达到74 cm以上的洞穴中？根据若尔盖地区的气象资料得知该地区冬季最冷月平均温度为－10.7 ℃，冻土层的最大深度为75 cm（Wang，1997），而在其他文献资料里该地区的最大冻土深为74 cm①。如果考虑到研究地点土壤岩性和地下含水量不同对冻土深度造成的影响（Wang，1997）以及调查过程中误差因素，则可以认为最大冻土深与划分沙蜥居住洞穴的临界深度（74 cm）是一致的。又从相关的文献中了解到沙蜥成体在－1 ℃时就会进入假死状态，但在合适的条件下还可以恢复；当温度低至－2.5 ℃时，沙蜥便永久死亡；幼体的致死低温则为－1.0 ℃（Song & Li，1985）。当我们把这两者联系在一起的时候，就会发现青海沙蜥只有钻到冻土层以下的洞穴中才能够避免被低温冻死。因此，青海沙蜥必须具备深度达到最大冻土层以下的洞穴才能成功地抵御低温，这是青海沙蜥对外界低温环境适应的一种行为机制。这种行为机制是对蜥蜴类依靠升高血糖浓度的生理机制来抵御低温（Grenot et al，2000）的一个补充。

深度小于74 cm的洞穴对青海沙蜥又有什么用处？在我们的观察过程中常可以看到，当沙蜥发现紧急情况而又来不及跑回其居住洞穴时，就会钻进附近的洞穴，由此可知较浅的洞穴可以用来逃避敌害。草原沙蜥和密点麻蜥也有利用洞穴作为临时隐蔽场所的现象（Song & Zhao，1983）。另外，荒漠沙蜥在繁殖时会在一些较浅的洞穴（20～30 cm深）中产卵（Song et al，1987）。虽然青海沙蜥是以卵胎生方式繁殖的动物，但不能排除它会利用较浅的洞穴进行有关繁殖的活动。

青海沙蜥把用来居住和抵御低温的洞穴挖到并超过最大冻土层深度，而用作临时隐蔽所或其他用处的洞穴深度保持在最大冻土层之上，这样可以减少不必要的能量消耗，有利于把更多的能量用于生长和繁殖，这是青海沙蜥对高寒生境的生态适应。

① 辖曼自然保护区科学考察报告

致谢：本研究在野外工作期间得到四川大学生命科学学院硕士生王硕果同志的帮助，论文写作过程中得到中国科学院昆明动物研究所赵其昆研究员的指导，在此一并表示感谢！

参考文献：

Bao M, Zeng Y, Ma JB. 1998. Distribution states, living rules and feeding of *Phrynocephalus vlangalii* and *Eremias multiocellata* [J]. *Acta Qinghai Normal University Sinica* (*Natural Science*), **4**: 42-45. [鲍　敏，曾　阳，马建滨. 1998. 青海沙蜥和密点麻晰的分布状况、生活规律及食性. 青海师范大学学报（自然科学版），**4**：42-45.]

Brown JH, Lieberman GA. 1973. Resource utilization and coexistence of seedeating desert rodents in sand dune habitats [J]. *Ecology*, **54**: 788-797.

Grenot CJ, Garcin L, Dao J, Hérold JP, Fahys B, Tsérè-Pagés H. 2000. How does the European common lizard, *Lacerta vivipara*, survive the cold of winter [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part A, **127**: 71-80.

Li JP, Li W. 2001. Biological indicator and environment protection [J]. *Journal of Yunnan Environmental Sciences*, **21** (1): 51-54. [李江平，李　雯. 2001. 指示生物在其环境保护中的应用. 云南环境科学，**20** (1)：51-54.]

Li RD, Liu NF. 1994. The temperature influence on the ATP enzyme's activity of the lizards' muscle [J]. *Acta Zool. Sin.*, **40** (1): 45-50. [李仁德，刘迺发. 1994. 温度对蜥蜴腓肠肌ATP酶活性影响的研究. 动物学报，**40** (1)：45-50.]

Liu NF, Li RD. 1999. The ecology studies of the lizards living on desert [J]. *Journal of Nanzhou University* (*Natural Science*), **35** (3): 126-133. [刘迺发，李仁德. 1999. 荒漠蜥蜴的生态研究. 兰州大学学报（自然科学版），**35** (3)：126-133.]

Liu NF, Li RD, Sun HY. 1993. The effects of environmental factors on population density of *Phrynocephalus przewalskii* [J]. *Zool. Res.*, **14** (4): 319-325. [刘迺发，李仁德，孙红英. 1993. 环境因子对荒漠沙蜥种群密度影响的研究. 动物学研究，**14** (4)：319-325.]

Liu NF, Cheng Q, Xie XM. 1996. Reproductive ecology of *Phrynocephalus przewalskii* [J]. *Acta Ecology Sinica*, **16** (3): 276-282. [刘迺发，陈　强，解雪梅. 1996. 荒漠沙蜥繁殖生态研究. 生态学报，**16** (3)：276-282.]

Ma JX, Bao M, Zeng Y. 1999. The comparison of habitation environment of *Phrynocephalus vlangalii* and *Eremias multiocellata* [J]. *Acta Qinghai Normal University Sinica* (*Natural Science*), **3**: 46-48. [马继雄，鲍　敏，曾　阳. 1999. 青海沙蜥和密点麻蜥生存环境的比较研究. 青海师范大学学报（自然科学版），**3**：46-48.]

Song ZM, Zhao KT. 1983. Analysis on feeding habits of *Phrynocephalus frontalis* and *Eremias multiocellata* [J]. *Acta Herpetologiea Sinica*, **2** (4): 7-10. [宋志明，赵肯堂. 1983. 草原沙蜥和密点麻蜥的食性研究. 两栖爬行动物学报，**2** (4)：7-10.]

Song ZM, Li TX. 1985. Ecological studies on the variations of body temperatures of *Phrynocephalus frontalis* and *Eremias multiocellata* [J]. *Acta Herpetologiea Sinica*, **4** (1): 12-16. [宋志明，李廷秀. 1985. 草原沙蜥和密点麻蜥体温变化的生态学研究. 两栖爬行动物学报，**4** (1)：12-16.]

Song ZM, Chen L, Chen Q. 1987. Study on the breeding habit of *Phrynocephalus przewalskii* [J]. *Acta Herpetologiea Sinica*, **6** (1): 12-17. [宋志明，陈　领，陈　强. 1987. 荒漠沙蜥繁殖的研究. 两栖爬行动物学报，**6** (1)：12-17.]

Wang SL. 1997. Frozen ground and environment in the Zoigê plateau and its surrounding mountains [J]. *Journal of Glaciology and Geograylogy*, **19** (1): 39-46. [王绍令. 1997. 若尔盖高原及其周围山地的冻土与环境. 冰川冻土，**19** (1)：39-46.]

Wang YZ, Jiang YM. 1992. The discussion of the class status of *Phrynocephalus vlangalii hongyuan* [A]. In: Jiang YM. Herpetologiea Symposium [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press. 111-112. [王跃招，江耀明. 1992. 青海沙蜥红原亚种分类地位的探讨. 见：江耀明. 两栖爬行动物学论文集. 成都：四川科技出版社. 111-112.]

Wei FW, Zhou A, Hu JC, Wang W, Yang G. 1996. Habitat selection by panda in Mabian Dafending reserve [J]. *Acta Theriologica Sinica*, **16** (4): 241-245. [魏辅文，周　昂，胡锦矗，王　伟，扬　光. 1996. 马边大风顶自然保护区大熊猫对生境的选择. 兽类学报，**16** (4)：241-245.]

Werner EE, Gilliam JF, Hall DJ. 1983. An experimental test of the effects of predation risk on habitat use in fish [J]. *Ecology*, **64**: 1540-1548.

Zhang WB, Fu SH, Liu BY. 2001. Error assessment of visual estimation plant coverage [J]. *Journal of Beijing Normal University* (*Natural Science*), **37** (3): 402-408. [章文波，符素华，刘宝元. 2001. 目估法测量植被覆盖度的精度分析. 北京师范大学学报（自然科学版），**37** (3)：402-408.]

Zhao HF, Lei FM. 2002. Birds as monitors of environmental change [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **37** (6): 74-78. [赵洪峰，雷富民. 2002. 鸟类用于环境监测的意义及研究进展. 动物学杂志，**37** (6)：74-78.]